

Sols à palmiers à huile et à cocotiers en Afrique de l'Ouest

NGUYEN HUGO VAN (1), J. OLIVIN (2), et R. OCHS (3)

Dans le numéro précédent (4) nous avons présenté les sols formés sur les sables quaternaires et sédiments tertiaires. Dans les paragraphes suivants, nous décrivons les autres sols formés sur le socle cristallin et les alluvions fluviales.

2^e Partie. — Socle cristallin. — Alluvions fluviales.

III. — SOCLE CRISTALLIN

Le socle cristallin se trouve au-delà des sables quaternaires et des sédiments tertiaires. Pendant plus de 2 milliards d'années, ses roches cristallines et métamorphiques ont subi beaucoup de processus de pédogenèse dont l'altération, la décomposition, le lessivage, la désaturation, la troncature, la redéposition, etc. Ces processus ont découpé les sommets des montagnes et des collines anciennes et comblé les dépressions et vallées. C'est ainsi que dans les régions Sud des pays de l'Afrique de l'Ouest, la topographie générale est celle d'une quasi-pénéplaine légèrement inclinée vers la côte.

1. — Physiographie.

La quasi-pénéplaine de l'ancien socle est composée de collines aplanies, entourées de vallées. La largeur des collines et la densité des vallées plus ou moins marécageuses dépendent, d'une part, de la perméabilité des sols et, d'autre part, du régime pluviométrique local. Ainsi, pour une hauteur de pluies égale, une région ayant des sols perméables, de texture moyenne, a des interfluvies utilisables plus larges que celle qui a des sols de texture fine, peu perméables ; dans le premier cas, la largeur des terrains plantables peut atteindre 1 000 à 2 000 mètres ou plus, tandis que dans le second cas, la largeur des collines ou interfluvies dépasse rarement 500 à 700 mètres.

L'influence de la nature de la roche-mère sur la topographie et l'hydrographie est nettement illustrée par le contraste qu'offrent les provinces schisteuses et granitiques. En général, les terrains constitués de matériaux granitiques se présentent sous la forme d'une grande plaine composée de mamelons larges et aplanis, entourés par des bas-fonds évasés, tandis que ceux constitués de matériaux schisteux ont souvent des chaînes de collines basses plus rapprochées et découpées par de nombreux bas-fonds bien encaissés. Une conséquence de cette pédogenèse est une très grande hétérogénéité du relief et de la morphologie des profils.

Par ailleurs, la pluviométrie annuelle et sa répartition sont des facteurs dominants qui déterminent le modelé des terrains. Ainsi, à une pluviométrie annuelle de 1 500 à 2 000 mm d'eau bien répartie, correspondent généralement des terrains peu morcelés. Au contraire, une région qui

reçoit les mêmes précipitations, mais avec un ou deux mois très pluvieux (près de 1 000 mm), présente un modelé excessivement morcelé, qui ne permet pas un aménagement rationnel des plantations.

L'altitude des terrains du socle varie d'une vingtaine de mètres, au voisinage de l'Océan, à près de 200 mètres dans l'Hinterland.

La topographie des surfaces retenues pour les plantations sur le socle est en général plane à légèrement ondulée, avec des pentes inférieures à 10 p. 100 dans la majorité des cas.

2. — Végétation.

La forêt sempervirente à *Diospyros* spp et *Mapania* spp couvre les zones tropicales humides ayant une courte saison sèche, tandis que celle à *Eremospatha macrocarpa* et *Diospyros mannii* couvre les zones tropicales humides ayant une saison sèche prolongée.

Dans ces 2 types de forêt, Sodefor (1977 [28]) a recensé de nombreuses essences commercialisables en Côte d'Ivoire.

Signalons que les comptages d'arbres effectués par l'I.R.H.O. au Libéria [15] semblent indiquer que les zones à très forte pluviosité (3 900 mm) ont moins de gros arbres (diamètre égal ou supérieur à 60 cm) que celles ayant une pluviométrie annuelle voisine de 2 000 mm (Tabl. IX).

TABLEAU IX. — Comptage des arbres classés suivant leur diamètre
(Count of trees classified by diameter)

Nbre d'arbres/ha de forêt (No. trees/ha in forest)			
Diamètre	Buto, Libéria 2,4 mois secs (dry months) 3 911 mm pluies/an (rain/year)	Dube, Libéria 4,4 mois secs (dry months) 2 111 mm pluies/an (rain/year)	Rapport (Ratio)
(cm)	(1)	(2)	2/1
10 – 29	243	554	2,3
30 – 59	53	75	1,4
60 – 89	15	44	2,9
90 – 119	7	12	1,7
120 +	13,2	11	0,8
Total arbres (trees) Ø > 10 cm	331,2	696	2,1

(1) Directeur du Département Pédologie. I.R.H.O., 07 B.P. 13 Abidjan 07 (Côte d'Ivoire).

(2) Agro-pédologue, Département Agronomie de l'I.R.H.O. (*).

(3) Directeur du Département Agronomie de l'I.R.H.O. (*).

(4) *Oléagineux*, 39, N° 3, p. 117-129.

(*) I.R.H.O.-GERDAT, B.P. 5035 — 34032 Montpellier Cedex (France).

3. — Sols.

Le substratum de la quasi-pénéplaine de l'Afrique de l'Ouest est constitué principalement de gneiss, de schistes, de migmatites, de quartzites, de granites, et, à un moindre degré, de diorites, d'amphibolites, de roches vertes, etc.

Les cycles climatiques, provoquant l'alternance des périodes sèches et pluvieuses durant les deux derniers milliards d'années, sont responsables des processus de pédogenèse dont dérivent les 3 éléments suivants :

— les particules fines de sol ayant souvent une texture sablo-argileuse à argileuse,

— les cailloux de quartz et les gravillons ferromanganiques ou ferro-aluminiques souvent appelés gravillons latéritiques,

— les morceaux ou blocs de roches en voie de décomposition et de défoliation, et les morceaux ou carapaces de latérite indurée.

a) Classes agronomiques et nomenclature.

En fonction de la teneur des trois [3] principaux éléments précédents (colluvionnaires et/ou collo-alluvionnaires), et en fonction du degré d'hydromorphie de la localité, on différencie 4 classes agronomiques (CA) principales :

Très bon sol ou sol de classe agronomique 1 (CA 1) (1).

Sol sain, couche superficielle humifère, sableuse à argilo-sableuse, sous-sol sablo-argileux à argilo-sableux peu ou pas gravillonnaire jusqu'à 110 cm, et signe d'hydromorphie absent jusqu'à 80 cm.

Bon sol ou sol de classe agronomique 2 (CA 2).

Sol sain comme celui de la classe agronomique 1, sauf la dernière profondeur, de 80 à 110 cm, qui peut être indurée ou cuirassée.

Sol moyen ou sol de classe agronomique 3 (CA 3).

Sol ayant les caractéristiques de la classe agronomique 1, sauf :

— le degré gravillonnaire qui atteint plus ou moins 30 p. 100 : CA 3 g ;

— les signes d'hydromorphie qui apparaissent à partir de 60 cm : CA 3 h ; ces sols, après un drainage ménagé, se classent dans les bons ou même très bons sols.

Mauvais sols de classe agronomique 4 (CA 4).

Sont groupés dans cette classe, tous les sols formés de sables lessivés et les sols plus gravillonnaires ou plus hydromorphes que les précédents :

— « 4 a » ou « 4 b » : pour les sols gravillonnaires ayant 50 p. 100 ou plus de gravillons ;

— « 4 h » : pour les sols ayant des signes d'hydromorphie dans les premiers 50 cm. Ces sols peuvent être améliorés par le drainage si les conditions topographiques le permettent.

Sont aussi groupés dans cette classe :

— les sols ayant une texture de sable lessivé ou d'argile compact,

— les gleys à hydromorphie permanente et les pseudogleys à hydromorphie semi-permanente ou temporaire.

(1) Très bons sols ou bons sols principalement du point de vue physique des sols. Leur pauvreté chimique éventuelle peut être corrigée économiquement par l'apport de fumures si cette déficience n'est pas excessive.

Le tableau X donne les caractéristiques physico-chimiques de quelques sols plantés en palmiers ou en cocotiers, tandis que le tableau XI donne l'équivalence entre les classes agronomiques et les différentes classifications.

b) Propriétés physiques et chimiques (Tabl. X).

• Propriétés physiques.

Les sols dérivés de roches basiques ont une couche superficielle argilo-sableuse brun-gris à brun rougeâtre (5YR 4/8), une structure grumeleuse moyenne à polyédrique fine, friable, et un sous-sol argilo-sableux à très argileux (20-50 p. 100 d'argile), rouge à ocre (2,5 — 5YR 4-5/6-8), de structure polyédrique fine à moyenne, peu dure à assez dure (sol N° 21). Leur capacité de rétention d'eau est en général satisfaisante.

Les sols dérivés de roches acides comme le quartzite ont une couche superficielle sablo-argileuse gris brunâtre (10YR 3-4/2), une structure particulière, friable, et un sous-sol argilo-sableux jaune à jaune brunâtre (10 YR 6-8/6-8), de structure polyédrique angulaire peu développée, peu dure à assez dure (sols N°s 27 et 28). Leur capacité de rétention d'eau est en général plus faible que celle des sols dérivés des roches basiques.

Les sols formés de colluvions se trouvent surtout aux bas des pentes et ils ont des profils pédologiques semblables à ceux des sols développés sur place au niveau des plateaux. Leur couche superficielle a néanmoins une texture plus légère que celle des sols situés à des positions topographiques plus élevées.

Les colluvions provenant des roches basiques ont une couleur rouge et une texture lourde avec 30-60 p. 100 d'argile (sols N°s 29, 30, 33 et 34).

Les colluvions provenant des roches acides ont des teintes plus pâles — ocres ou brunâtres à jaunâtres — et une texture plus légère dont la teneur en argile varie de 10 à 30 p. 100 (sols N°s 31, 32, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42 et 43).

Les sols formés à partir de matériaux volcaniques à l'intérieur du socle ancien sont peu représentés, ils sont situés essentiellement dans le Cameroun de l'Ouest près du Mont Cameroun. Ils ont une couche superficielle argilo-sableuse noire à gris brunâtre foncé (10 YR 2-3/1-2), une structure grumeleuse fine, friable, et un sous-sol argileux à argilo-sableux brun jaunâtre à jaune brunâtre (10YR 4-6/4-8) de structure massive, cassant en polyèdres subangulaires moyens, onctueuse et peu dure. Ils sont meubles et ont une bonne capacité de rétention d'eau (sols N°s 44 à 48).

• Propriétés chimiques.

Les sols du socle ancien ont des teneurs variables en N et en P mais souvent faibles. En outre, les carences potassique et magnésienne peuvent être observées sur des sols de différents types de roches parentales. Les teneurs en K échangeables sont le plus souvent faibles. Les teneurs en Mg sont variables (Tabl. III, 1^{re} Partie).

Les sols développés sur les cendres volcaniques ont en général des teneurs élevées en N, K, Ca et Mg. Leur teneur en P est par contre faible (sols N°s 44 à 48 et Tabl. III).

4. — Aménagement.

L'effet conjugué d'un drainage interne lent des sols à texture plus lourde et des pluies torrentielles pendant une certaine période de l'année, favorise le ruissellement en surface et la formation d'un réseau dense de cheminements

d'eau, de cours d'eau et de marécages. Les parcelles plantables sur les sols du socle sont donc plus morcelées, plus réduites et plus dispersées que celles des plantations sur les sédiments tertiaires. Leur délimitation nécessite des études pédologiques et topographiques beaucoup plus détaillées que sur les formations précédentes.

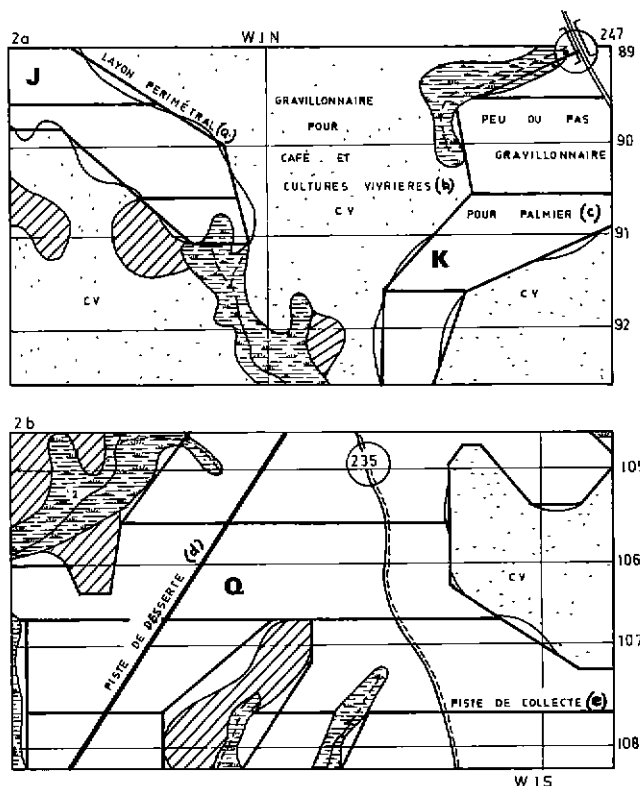
Le déforestation et l'andainage sur les terrains du socle s'effectuent avec les mêmes équipements que ceux utilisés dans la zone des sédiments tertiaires. Ces travaux ne doivent être exécutés que pendant la saison sèche ou, tout au moins, pendant les périodes les moins pluvieuses, afin de préserver le mieux possible la bonne structure du profil cultural.

L'aménagement du réseau routier est identique à celui des plantations sur sédiments tertiaires, mais il faut souvent adapter ce réseau au modelé du terrain. Les pistes secondaires seront interrompues au niveau des cours d'eau et marécages importants. Les routes principales devront être implantées de façon à désenclaver toutes les parcelles et elles devront suivre de préférence les lignes de crête pour réduire les travaux de terrassement. Des drains latéraux assureront le ressuyage de la chaussée.

Par ailleurs, notons que plus l'étendue des sols très gravillonnaires ne convenant pas aux palmiers est grande, plus réduite sera la surface plantable. En outre, la présence importante des sols gravillonnaires augmente le degré de morcellement et de dispersion des parcelles de plantation.

La figure 2a illustre le cas d'un terrain occupé principalement par les sols gravillonnaires. Notons la forme étroite des parcelles K et J. A l'inverse, la figure 2b montre un terrain constitué en grande partie de sols peu ou pas gravillonnaires. Remarquons la forme plus ample de la parcelle Q.

Le taux élevé des sols gravillonnaires diminue aussi le rapport des surfaces plantables (SP) aux surfaces étudiées (SE) (Tabl. XII).



Echelle (Scale) = 1 : 20 000.

5. — Fertilisation.

Les sols formés sur le socle, du fait de leur faible teneur en phosphore, nécessitent souvent un apport de fumure phosphatée, tant pour le palmier à huile que pour le cocotier. Les besoins sont néanmoins peu élevés et les doses annuelles nécessaires sont comprises entre 0,5 et 2 kg de phosphate supersimple (20 p. 100 P_2O_5) par arbre pour des plantations adultes.

Comme pour les sédiments tertiaires, les besoins en engrais azotés sont limités aux toutes premières années et les doses annuelles nécessaires ne dépassent pas quelques centaines de grammes d'urée/arbre.

La fertilisation potassique est, comme pour les sols sédimentaires, un facteur clef de la production. Les doses annuelles nécessaires sont aussi comprises le plus souvent entre 1 et 2 kg de chlorure de potassium/arbre adulte. Pendant les premières années de plantation, les besoins sont faibles ou nuls. Cette analogie entre les deux formations de sol s'explique par les caractéristiques communes de leur complexe absorbant (argile kaolinitique, pH acide, faible C.E.C.).

Les besoins en engrais magnésiens sont faibles et n'excèdent pas, en général quand ils existent, 500 à 1 000 g de kiésérite/arbre/an.

La mise en valeur de la Moyenne Côte d'Ivoire a été entreprise depuis 1973 en développant les plantations familiales de cocotiers hybrides sur les sols colluvionnés des bas de pente des dépressions. Dans cette région à pluviométrie faible et à longue saison sèche, les expériences de nutrition minérale ont montré que :

- le chlorure de potassium est toujours l'engrais essentiel pour la production et aussi pour la résistance à la sécheresse. Des doses annuelles qui augmentent de 0,2 kg au moment de la plantation pour atteindre 1 à 1,5 kg à partir de la 4^e année, suffisent ;

- les besoins en kiésérite sont limités aux six premières années, le système racinaire des arbres plus âgés explore ensuite suffisamment le sol ;

- les besoins en urée et en engrais phosphatés sont limités aux trois premières années et des doses annuelles de quelques centaines de grammes suffisent.

Les sols dérivés des matériaux volcaniques sont assez peu exigeants en engrais. En se basant sur des résultats expérimentaux, Ochs [18] a pu conseiller des doses peu élevées de sulfate d'ammoniaque et de chlorure de potassium pour les premières années de plantation (Tabl. IV — 1^{re} Partie).

FIG. 2. — Conséquence des éliminations des sols gravillonnaires sur la forme et la dimension des parcelles plantables en palmiers (Effect of elimination of gravelly soils on shape and size of plots plantable in oil palm).

Extrait d'un plan d'aménagement de la région de Guiglo, Côte d'Ivoire (Source : land use planning for Guiglo region, Ivory Coast).

- 235 Borne de repérage (Marker).
- Elimination sols squelettiques (Elimination skeletal soils).
- 105 Layons d'observation Nord-Sud N° W1S (N-S cut line W1S).
- W1S Layons d'observation Est-Ouest N° 105 (E-W cut line 105).
- Route nationale et piste forestière (Main road and forest track).
- Bas-fond, largeur du cours d'eau : 2 m (Valley bottom, width of watercourse : 2 m).

- (a) : (Perimeter path),
- (b) : (Gravelly for coffee and food crops),
- (c) : (Little or no gravel, for oil palm),
- (d) : (Service road),
- (e) : (Collection road).

TABLEAU X. — Caractéristiques physico-chimiques de quelques sols formés sur roches cristallines et volcaniques
(Physico-chemical properties of a few soils formed on crystalline and volcanic rocks)

N° d'ordre	Prof. (Depth)	Granulométrie % (Grain size distribution)					C	N	P total	Bases échangeables (Exchangeable bases) (me/100 g)							pH eau (water)	Classifications				Roche-mère
		cm	A	L	Stf	Sf				Sg	%	‰	ppm	K	Ca	Mg		NA	S	CEC	Française (French)	
20	0-15	31,5	7,5	3,8	18,8	37,2	1,42		227	0,09	0,48	0,80	0,01	1,38	4,42	4,4	SFMD	T/R	F	y	migmatite	
	40-60	51,5	7,8	3,8	8,9	25,6				0,09	0,14	0,24		0,43	4,33	4,4						
21	0-15	40,3	8,3	2,4	18,0	28,0	2,60	1,76	200	0,09	0,15	0,23	0,03	0,50	7,95	4,2	SFFD	R/M	F	p	micaschiste	
	40-60	57,8	4,8	1,5	9,3	23,7				0,03	0,03	0,06	0,01	0,13	4,54	4,3						
22	0-15	20,0	5,1	2,9	47,7	21,5	1,78	1,10	310	0,16	1,12	1,22	0,03	2,53	6,04	4,7	SFMD	T/R	F	p	gneiss	
	40-60	51,0	9,0	3,1	21,7	16,5				0,05	0,51	1,43	0,02	2,04	3,95	4,9						
23	0-15	25,5	9,0		25,3	36,2	2,25	1,40	244	0,19	1,33	0,88	0,03	2,43	6,40	5,1	SFMD	R/M	F	p	migmatite	
	40-60	45,8	7,8		12,3	29,9				0,09	0,16	0,17	0,02	0,44	4,02	4,8						
24	0-15	14,8	4,8		27,1	50,7	0,81	0,85	297	0,08	0,76	0,35	0,02	1,21	4,57	4,1	SFMD	T/R	F	p	détritus	
	40-60	25,8	8,0		15,6	45,7				0,04	0,68	0,57	0,05	1,34	4,40	4,4		T/M			diorite	
25	0-15	15,8	4,2		16,4	60,0	1,46	0,14	249	0,15	0,39	0,55	0,02	1,11	5,87	4,4	SFFD	T/R	F	p	diorite	
	40-60	45,5	4,8		1,0	29,5										5,3						
26	0-15	32,8	15,0		33,6	12,3	2,32	2,00	306	0,13	0,78	0,90	0,05	1,86	6,56	4,8	SFMD	T/M	F	r	amphibolite	
	40-60	39,5	15,5		33,0	10,5				0,03	0,08	0,15	0,03	0,29	4,70	4,6						
27	0-15	17,3	6,0		26,0	45,6	2,00	1,80	297	0,08	0,43	0,51	0,02	1,04	6,26	4,2	SFFD	T/M	F	r	quartz à magnétite	
	40-60	28,5	8,3		20,6	40,7				0,01	0,04	0,10	—	0,15	2,37	4,5						
28	0-15	33,3	16,0		28,9	8,5	2,17	2,60		0,10	1,39	0,91	0,04	2,44	6,52	4,6	SFMD	T/M	F	x	colluvion rouge (red)	
	40-60	49,3	16,0		20,3	3,9										4,6						
29	0-20	22,4	11,4				1,17	1,03	250	0,10	0,79	0,34	0,01	1,27	6,20	4,5	SFMD-SFFD		F	r	colluvion	
	30-50	30,3	13,0						290	0,04	0,37	0,22	0,01	0,66	5,90	4,8		T/M				
30	0-30	20,0	10,7		69,1		1,09	0,93	227	0,05	0,31	0,16	0,14	0,66	6,20	4,4	SFFD	R/M	F	p	rouge (red)	
	30-50	29,5	10,8		59,7		0,75	0,64	252	0,02	0,27	0,11	0,01	0,41	5,15	4,7						
31	0-30	19,4	8,9		70,8		1,10	0,82	256	0,08	0,65	0,27	0,26	1,25	5,25	4,4	SFMD	R/r	F	x	colluvion	
	30-50	27,2	9,8		64,0		0,76	0,72	282	0,04	0,42	0,21	0,26	0,92	4,15	4,7					brun (brown)	
32	0-30	22,5	12,2		65,3		1,20	0,97	230	0,06	0,24	0,16	0,04	0,52	6,50	4,2	SFFD	T/I	F	x	colluvion	
	30-50	26,6	13,2		60,2		0,74	0,61	261	0,03	0,16	0,12	0,04	0,35	5,40	4,5					jaune (Yellow)	
33	0-20	33,0	10,0	3	20,0	35,0	0,92	1,22	—	0,15	5,10	0,10	—	5,35	8,10	5,4	SFMD	T/M	F	r	colluvion	
	20-50	52,0	18,0	1	15,0	24,0																
34	0-30	28,9	13,7	10,6	21,6	25,0	1,82	2,00	276	0,27	5,80	1,70	0,03	7,80	10,14	5,2	SFFD	T/M	F	r	rouge (red)	
	30-50	42,9	10,9	8,7	14,3	23,2																
35	0-24	16,0	11,0	5,0	25,0	43,0	3,43	3,20	500	0,11	1,10	0,37	—	1,72	8,06	5,7	SFFD	R/M	F	rp	colluvion	
	24-51	17,0	11,0	8,0	22,0	42,0															ocre (ochre)	
36	0-29	10,0	7,0	5,0	28,0	50,0	1,70	1,72	350	0,09	0,43	0,14		0,72	4,20	6,1	SFFD	R/M	F	rp	colluvion	
	30-52	9,0	8,0	9,0	28,0	46,0															brun (brown)	
37	0-24	13,0	8,0	4,0	27,0	48,0	2,87	3,00	350	0,05	0,75	0,25		1,19	4,70	6,0	SFFD	T/R	F	xp	colluvion	
	24-50	13,0	11,0	9,0	26,0	41,0															jaune (yellow)	
38	0-30	28,2	2,7		17,3	51,8	1,68	2,10	423	0,07	0,62	0,27		1,02	5,10	5,8	SFFD	T et R	F	rp	colluvion	
	30-50	32,8	12,3		38,2	43,9															rouge (red)	
39	0-30	15,0	12,8		36,7	43,9	2,42	1,83	290	0,09	1,71	0,39		2,25	4,55	6,4	SFMD	T et R	F	xp	colluvion	
	30-50	18,0	14,8		36,5	40,4															brun (brown)	
40	0-30	16,9	3,8		45,3	33,8	1,84	1,45	206	0,08	1,12	0,39		1,63	3,43	6,2	SFMD	T/I	F	xp	colluvion	
	30-50	19,8	4,1		42,4	33,5															jaune (yellow)	

TABLEAU X (suite).

N° d'ordre	Prof. (Depth)	Granulométrie % (Grain size distribution)					C %	N ‰	R total ppm	Bases échangeables (Exchangeable bases) (me/100 g)					pH eau (water)	Classifications				Roche-mère	
		cm	A	L	Sf	Sg				K	Ca	Mg	NA	S		CEC	Française (French)		F.A.O.		
41	0-30	13,6	10,0		30,3	46,2	2,20	2,08	410	0,07	0,50	0,28		0,92	5,30	5,5	SFFD	R et T	F	rp	colluvion
	30-50	11,5	9,9		34,4	44,3	1,41	1,42	425	0,03	0,23	0,12		0,42	4,70	5,8					ocre (ochre)
42	0-30	12,6	8,9		30,6	47,9	2,14	2,08	435	0,05	0,30	0,16		0,55	5,95	5,8	SFFD	T et R	F	xp	colluvion
	30-50	11,4	9,4		35,9	43,3	1,35	1,45	455	0,03	0,25	0,13		0,42	5,50	5,8					brun (brown)
43	0-30	11,5	11,7		29,9	46,7	2,04	1,98	446	0,04	0,22	0,16		0,47	5,73	5,8	SFFD	T et R	F	xp	colluvion
	30-50	10,5	11,1	—	31,9	46,5	1,30	1,32	446	0,03	0,15	0,11		0,34	4,73	5,9					jaune (yellow)
44	0-10	55 %	d'argile et limon (clay and silt)					Rop 3	3,11	3,80	148	0,28	6,25	1,89		8,42	6,0	APT			volcanique
45	0-10	48 %						Rop 13	2,54	2,20	25	0,60	3,65	1,11		5,36	18,70	5,2			(volcanic)
46	0-10	68 %						Rop 9	1,16	1,60	258	0,38	1,63	0,93		2,94	—	5,2			jaune (yellow)
47	0-10	73 %						Rop 12	1,08	2,30	99	0,41	3,15	1,85		5,41	12,30	5,1			
48	moyenne de sol de surface (mean of topsoil)						—	—	—	—	0,16	1,63	0,93		2,72	—					
<div>APT : Andosols des pays tropicaux (Tropical andosols) SFFD : Sols ferrallitiques fortement désaturés SFMD : Sols ferrallitiques moyennement désaturés T : Typiques (Typical) M : Modaux (Modal) R : Remaniés (Reworked)</div> <div>J : Jaune (Yellow) F : Ferralsols x : Xanthic r : Rhodic y : Helvic ou (or) orthic p : Plinthic</div>																					
N° d'ordre	Pays (Country)		Localités (Locality)		Normale des pluies (Normal rainfall) (mm)		Nombre de mois secs/an (No. of dry months/year)														
20 à 22 23 à 32 34	Côte d'Ivoire (Ivory Coast)		Sassandra		1 600		7														
Tabou			2 400		3																
Abengourou			1 300		5																
35 à 37 38 à 40 41 à 43	Libéria		Decoris (Gneiss)		2 300		1														
Dube (Gneiss)			2 100		3																
Buto (Gneiss)			3 900		1																
44 et 45 46 à 48	Cameroun (Cameroon)		Ekona		2 400		0														
Mabeta			4 100		0																

TABLEAU XI. — Rapport entre classes agronomiques (CA) et nomenclature des principaux sols
(Correspondance between Land Use Class — LUC — and nomenclature of principal soils)

CA	Classification Française (French)		Classification FAO		Classification USDA [7]	
CA 1	S.F. faib. désaturé	Typique modal	Rhodic	Ferralsols	Rhodic	Paleudult
		Typique appauvri	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Paleudult
		Typique faib. rajeuni	Eutric	Cambisols	Oxic	Eutropept
	S.F. moy. désaturé	Typique modal	Rhodic	Ferralsols	Typic	Paleudult
		Typique appauvri	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Dystropept
		Typique faib. rajeuni	Rhodic	Ferralsols	Oxic	Dystropept
	S.F. fort. désaturé	Typique modal	Orthic	Ferralsols	Typic	Paleudult
		Typique appauvri	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Dystropept
		Typique faib. rajeuni	Rhodic	Ferralsols	Oxic	Dystropept
	APT. Andosol des pays tropicaux, peu à très désaturés		Humic &	Vitric Andosols	Udic Eutrandept	Dystrandept
CA 2	S.F. faib. désaturé	Typique remanié	Plinthic	Ferralsols	Plinthic	Paleudult
		Remanié avec recouvrement	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Paleudult
	S.F. moy. désaturé	Typique remanié	Plinthic	Ferralsols	Plinthic	Dystropept
		Remanié avec recouvrement	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Dystropept
	S.F. fort. désaturé	Typique remanié	Plinthic	Ferralsols	Typic	Acrorthox
CA 3 + CA 4	S.F. faib. désaturé	Remanié avec recouvrement	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Acrorthox
		Remanié modal	Plinthic	Ferralsols	Eutric	Plinthudult
		Remanié appauvri	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Plinthudult
S.F. moy. désaturé	Remanié modal	Plinthic	Ferralsols	Dystric	Plinthudult	
	Remanié appauvri	Xanthic	Ferralsols	Arenic	Plinthudult	
	S.F. fort. désaturé	Remanié modal	Plinthic	Ferralsols	Plinthic	Acrorthox
Remanié appauvri		Xanthic	Ferralsols	Plintharenic	Acrorthox	
CA 2 h	S.F. faib. désaturé	Typique jaune	Aquic	Ferralsols	Aquic	Eutropept
+ CA 3 h	S.F. moy. désaturé	Typique jaune	Aquic	Ferralsols	Aquic	Paleudult
	S.F. fort. désaturé	Typique jaune	Aquic	Ferralsols	Aquic	Acrorthox

Faib. = faiblement (weakly) ; Moy. = moyennement (moderately) ; Fort. = fortement (strongly).

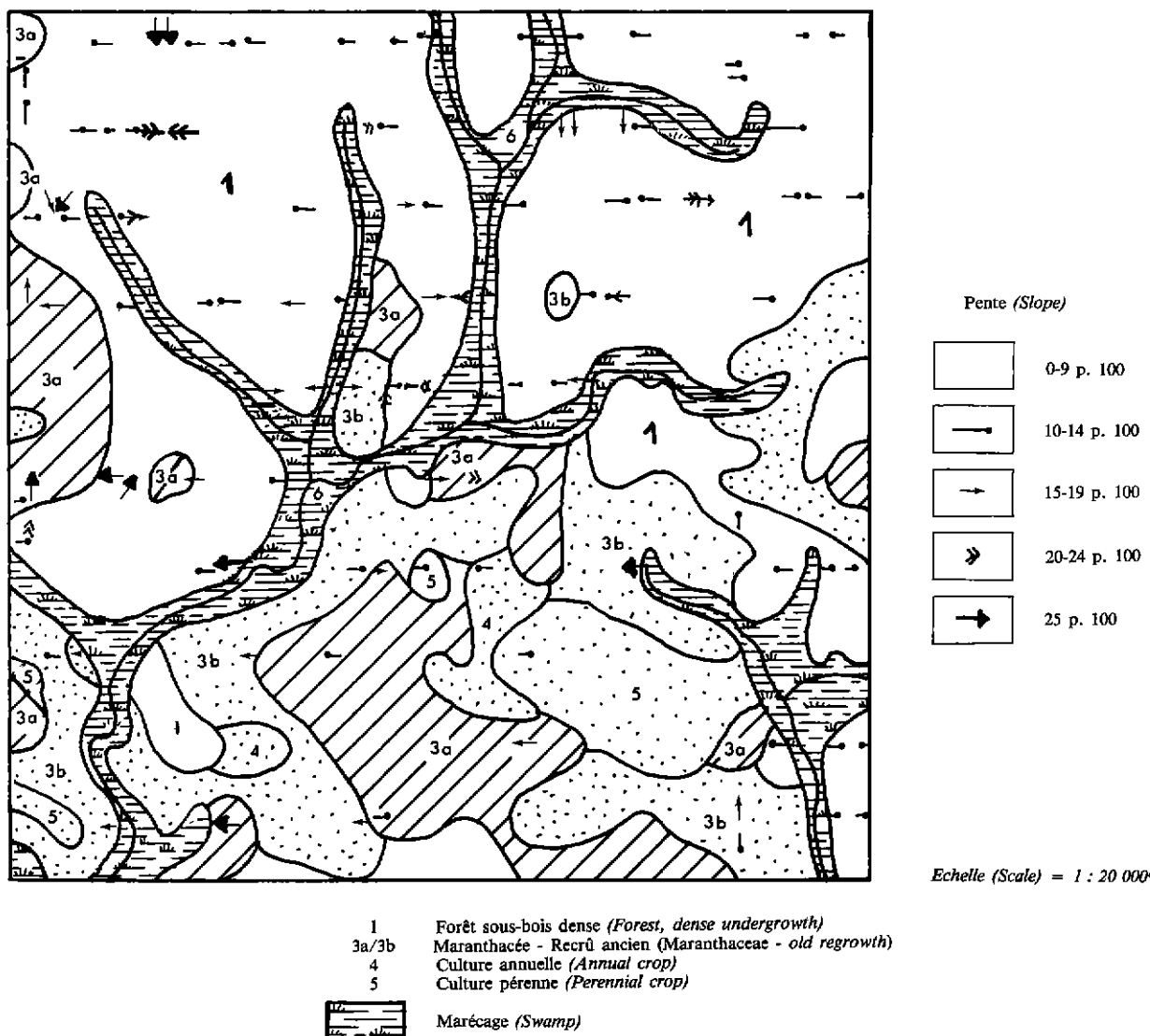
TABLEAU XII. — Quelques exemples de rapports entre la surface plantable (SP) et la surface étudiée (SE) pour des terrains formés sur le socle cristallin

(Some examples of ratios between plantable areas — SP — and areas surveyed — SE — for land formed on the basement complex rocks)

Localités et déficits hydriques annuels (mm) (Localities and annual water deficit)	Sols gravillonnaires (Gravelly soils) % de SE	Marécages (Swamps) % de SE	Rapport (Ratio) : % SP/SE
Côte d'Ivoire (Ivory Coast)			
Tabou, 172 (1945/80)	14	14	46
Bolo, 459 (1967/82)	24	20	37
Guiglo, 245 (1945/80)	58	16	27
Libéria			
Gd Cape Mount, 214 (1954/63)	31	18	30
New Cess, 284	40		45
Buto, 34 (1961/81)	48	23	48

Nota. — Le taux de 48 p. 100 pour Buto s'explique par le fait que seulement 32 p. 100 des sols sont très gravillonnaires. Par ailleurs, le faible déficit hydrique permet de supporter une proportion relativement élevée de sols gravillonnaires à moindre capacité de rétention d'eau (The score of 48 p. 100 for Buto results from the fact that only 32 p. 100 of the soils are very gravelly. In other respects, the small water deficit means that a relatively high proportion of gravelly soils with a lower water-holding capacity can be planted).

FIG. 3. — Morphologie et végétation (Morphology and vegetation).



6. — Potentiel.

Pour le cocotier hybride, le potentiel de production est de l'ordre de 5,5 tonnes de coprah/ha/an pour les zones ayant un déficit hydrique annuel inférieur à 100 mm. Dans les zones ayant des déficits hydriques annuels variant de 400 à 100 mm, la production annuelle est comprise entre 3 et 5 tonnes de coprah/ha. Un champ de comportement à Daloa en Côte d'Ivoire, planté sur des sols rouges argileux, a produit 2,5 t de copra/an à l'âge de 8 à 9 ans, malgré un déficit hydrique annuel moyen de 520 mm.

Pour le palmier à huile, les productions sont fonction des déficits hydriques annuels (comme déjà indiqué au tableau VIII, 1^{re} Partie).

IV. — ALLUVIONS FLUVIATILES DE LA TAMABO EN CÔTE D'IVOIRE

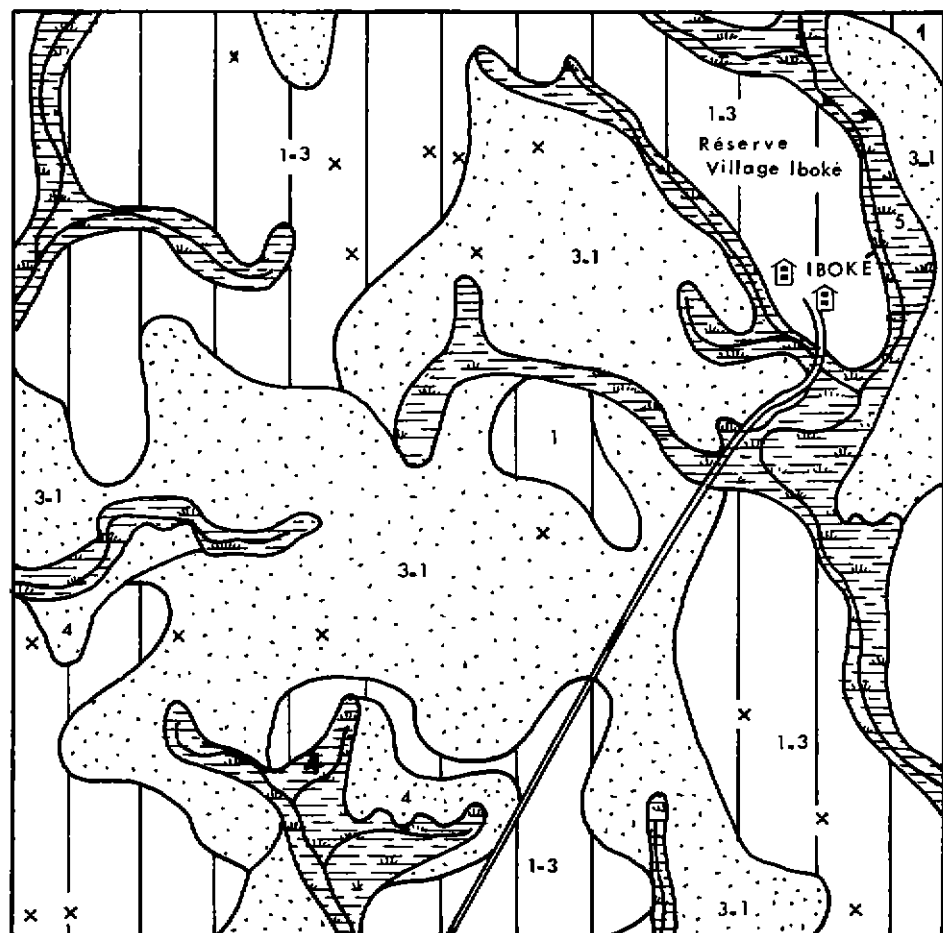
L'étendue des plaines d'alluvions fluviales dans les zones à écologie favorable est souvent faible et il y a peu

de programmes importants de développement du palmier et du cocotier sur ce type de terrain. La plaine alluviale de la rivière Tamabo — un tributaire du fleuve Bandama en Côte d'Ivoire — représente un cas exceptionnel car elle a une superficie de près de 10 000 ha. L'utilisation de grandes zones alluviales situées dans d'autres pays, vallées de l'Ouémé et du Mono (Bénin), et plus particulièrement le delta du Niger (Nigeria), où il serait possible d'obtenir des rendements plus élevés que sur les plateaux voisins, se heurte actuellement aux coûts des travaux spéciaux d'aménagement (endiguement par exemple).

1. — Physiographie.

La topographie générale est plate et s'incline très légèrement suivant la direction d'écoulement du cours d'eau principal. Les cours d'eau secondaires et les cheminement d'eau sont nombreux et peuvent être utilisés ultérieurement comme drains pour évacuer l'excès d'eau pendant la période des fortes pluies.

FIG. 4. — Pédologie (Pedology).



Echelle (Scale) = 1 : 20 000.

1 SFFD, rouge, rouge-ocre et brun-rouge, peu ou pas gravillonneux à moyennement gravillonneux, bien drainés (Red, ochre-red, red-brown, little or no gravel to moderately gravelly, well drained). USDA : Typic plinthudults rouges oxic dystropepts rouges.

3 SFFD, ocres et ocre-jaune, peu ou pas gravillonneux, drainage bon ou moyen (Ochre and yellow-ochre, little or no gravel, good to average drainage). USDA : Aquoxic dystropepts.

4 SFFD, brun pâle à jaune pâle, peu ou pas gravillonneux, mal drainés (Pale brown to pale yellow, little or no gravel, poor drainage). USDA : Aquic dystropepts.



SFFD, hydromorphes à gley d'ensemble entourant quelques collines isolées (Hydromorphes à gley d'ensemble, surrounding a few isolated hills).

USDA : Typic tropaquepts, typic thermaquods.



SFFD, gravillonneux à très gravillonneux (Gravelly to very gravelly).

USDA : Plinthoxic dystropepts, typic paleudults.

La dénivellation entre le niveau général et le lit du cours d'eau principal est environ de 5 à 10 mètres, sur une largeur moyenne du bassin versant de 8 000 mètres. La pente générale est donc de 1 à 2 pour mille (1 à 2/1000) et permet un drainage efficace.

2. — Végétation.

Trois types de végétation occupent cette plaine alluviale :

- la forêt marécageuse à *Symphonia globulifera* et *Mitragyna ciliata* couvre les sols hydromorphes à gley et pseudogley ;
- la forêt sempervirente à *Eromospatha macrocarpa* et *Diospyros mannii* prédomine sur les zones exondées proches de l'océan ;
- la forêt sempervirente à *Diospyros* spp et *Mapania* spp couvre les zones exondées situées en amont du cours d'eau.

La forêt marécageuse a peu de gros arbres, moins de 160 arbres/ha de diamètre supérieur à 30 cm. Par ailleurs, les arbres ont souvent des racines à échasses. Sur les terres humides défrichées et actuellement sous jachère, les Marantacées prédominent.

3. — Sols.

En général, 3 groupes de sols peuvent être différenciés :

- les sols ferrallitiques fortement désaturés SFFD, typiques ou remaniés, occupent les anciennes buttes-témoins et sont déjà décrits au § III-3 ;
- les SFFD appauvris hydromorphes en profondeur qui couvrent la zone de transition entre les buttes-témoins et la plaine alluviale qui les entoure ;
- les sols hydromorphes minéraux à pseudogley de la plaine alluviale proprement dite.

Dans les zones à faibles déficits hydriques, on peut obtenir de bons rendements pour les palmiers et cocotiers sur ces 3 groupes de sols s'ils sont correctement aménagés. Par contre, dans les zones à forts déficits hydriques, les sols des buttes-témoins donnent des rendements beaucoup plus faibles que les sols hydromorphes dans lesquels il existe une nappe phréatique, située entre 1 et 3 mètres de profondeur, qui alimente la plante pendant une grande partie de la saison sèche.

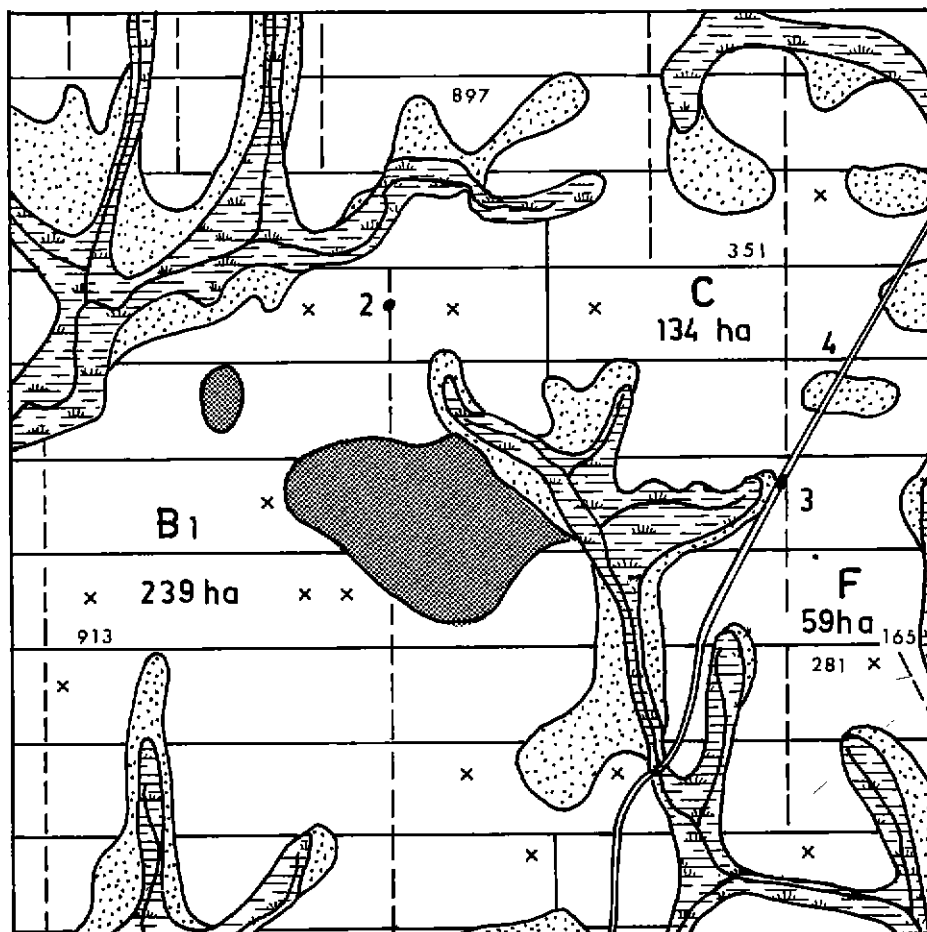


FIG. 5. — Plan d'aménagement (Land use planning).

- 2 Borne de repérage (Market monument)
- × Sol très gravillonneux (Very gravelly soil)

Echelle (Scale) = 1 : 20 000.

Élimination pour cause (Eliminated because of) :



d'hydromorphie (hydromorphism)



de mauvaise topographie (bad topography)



Parcelle favorable à la plantation (Plantation plot).



Plantation pérenne (Perennial plantation)

a) Nomenclature.

Les sols des buttes-témoins et des bas de pentes font partie de ceux dérivés du socle cristallin déjà mentionnés au § III-3.

Les sols hydromorphes minéraux à gley et pseudogley d'origine fluviale sont appelés « fluvisols gleyiques » et « fluvisols dystriques » d'après la nomenclature FAO-UNESCO.

b) Propriétés physiques et chimiques.

Les pseudogleys (fluvisols gleyiques) ont un sol de surface brun-gris foncé à brun-jaune foncé, de structure grumeleuse moyenne et friable. La texture est moyenne à lourde et la teneur en argile varie de 20 à 30 p. 100.

Le sous-sol est gris avec des taches rouges à ocres. Il a une structure massive cassant en polyèdres angulaires peu durs. La texture y est plus lourde ; la teneur en argile varie de 30 à 40 p. 100. La kaolinite et, à un moindre degré, la montmorillonite et l'illite, constituent les principaux minéraux argileux.

Les sols ont une porosité satisfaisante et une bonne capacité de rétention d'eau. Le domaine d'eau utile situé entre la capacité au champ et le point de flétrissement est généralement supérieur à 10-15 p. 100.

Les sols ont en général un pH acide, variant de 4,4 à 5,8. Leurs teneurs en matière organique, carbone, azote et phosphate sont moyennes à faibles. Le rapport C/N varie de 7 à 12 et indique une bonne minéralisation de la matière organique. Les teneurs en cations échangeables sont moyennes à faibles et la capacité d'échange des cations est satisfaisante (Tabl. III — 1^{re} Partie).

4. — Aménagement.

La couche superficielle des sols alluviaux a une bonne porosité et un bon drainage interne. La préparation du terrain pour le palmier doit être faite avec des engins légers pour ne pas détruire la bonne structure des sols.

L'abattage pourra être effectué par des tracteurs à chenilles (modèle large) de moyenne puissance, équipés de lame KG. On utilisera des tronçonneuses pour les gros arbres de 60 cm et plus de diamètre, et les souches seront laissées sur place. L'andainage se fera de préférence avec des râtaux du type Fleco pour éviter les déplacements de terre de surface.

Les dimensions recommandées pour les parcelles plantées en palmiers sont toujours de 252 mètres dans le sens Nord-Sud et 1 006 mètres dans le sens Est-Ouest. Toutes les chaussées des pistes de collecte et de desserte doivent être, d'une part rehaussées d'une épaisse couche de latérites, et d'autre part accompagnées de drains latéraux. On peut placer également des vannes-déversoirs amovibles simples vers la fin de la saison des pluies pour retenir l'eau dans les drains et retarder ainsi la baisse de la nappe phréatique durant la saison sèche suivante.

5. — Fertilisation.

Les essais de nutrition minérale et de fertilisation détermineront les types et les quantités d'engrais qui s'avèrent nécessaires pour les palmeraies établies sur les plaines alluviales aménagées.

6. — Potentiel.

Les palmiers qui seront plantés sur les sols alluviaux bénéficiant d'une alimentation en eau par la nappe phréatique pendant une grande partie de la saison sèche, auront un rendement supérieur d'environ 20 p. 100 à celui obtenu dans les plantations avoisinantes sur plateau (13 tR/ha/an en moyenne).

CONCLUSION

Les sols de l'Afrique de l'Ouest offrent donc de vastes zones aptes à la culture du palmier à huile et du cocotier, qui s'étendent depuis la Guinée jusqu'au Cameroun. L'extension de ces cultures est plus limitée par les conditions climatiques que par les conditions édaphiques. Dans les zones à écologie favorable, le palmier et le cocotier se classent parmi les cultures plus rentables et de nombreux Etats ont entrepris depuis une vingtaine d'années des programmes importants de développement, qui comprennent souvent en même temps des plantations centrales et des plantations familiales, afin de pouvoir répondre, dans la plupart des cas, aux besoins croissants de leurs marchés nationaux.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BRUNIN C. (1980). — *Communication personnelle*.
- [2] B.D.P.A. (1963). — *Etude pour la reconversion des cultures du caféier dans la République de Côte d'Ivoire*, Rapport N° 63/36 X, 172 p.
- [3] CATERPILLAR TRACTOR Co. (1974). — *The clearing of land for development*, Form N° AEA 13009, 111 p.
- [4] CAMEROON DEVELOPMENT CORPORATION (1970). — Centre Ekona, Research Report : *Oil Palm*, 31 p.
- [5] COMMONWEALTH DEVELOPMENT CORPORATION (1973). — *Feasibility study on development of a commercial plantation with smallholders for the production of oil palm in East Central State, Nigeria*, Type-written Report, 90 p.
- [6] COOMANS P. et OCHS R. (1976). — Rentabilité des fumures minérales sur cocotier dans les conditions du Sud-Est Ivoirien. *Oléagineux*, 31, N° 8-9, p. 375-380.
- [7] DEVELOPMENT AND RESOURCES CORPORATION (1967). — *Etude pédologique de la Région Sud-Ouest (Côte d'Ivoire)*, Annexe Technique, Tableau II-1.
- [8] DUDAL R. (1968). — *Definitions of soil units for the soil map of the world*, FAO Report, 72 p.
- [9] FAO-UNESCO (1975). — *Carte mondiale des Sols*, Volume 1, Légende, 57 p.
- [10] I.R.H.O. — *Fichiers Analyses Sols*, Documents pour utilisation interne.
- [11] LAND RESOURCES SURVEY PROJECT (Sierra Leone) (1980). — *Communication personnelle*.
- [12] MANCIOT R., OLLAGNIER M. et OCHS R. (1979-1980). — Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. *Oléagineux*, 1979, 34, N° 11, p. 499-515, N° 12, p. 563-580 ; 1980, 35, n° 1, p. 13-27.
- [13] MANGENOT G. (1956). — Cité dans *Mémoires ORSTOM*, N° 50, 1971, p. 171-173.
- [14] NGUYEN H. V. (1966). — *Sierra Leone Oil Palm Project*. Rapport photocopié I.R.H.O., 63 p.
- [15] NGUYEN H. V. (1976). — *Plan palmier — Cocotier du Liberia*. Etude pédologique. Rapport Sodepalm photocopié, 64 p.
- [16] NGUYEN H. V. (1978). — *Caractérisation des sols de l'ARC Cavally-Olodio Gliké*. Rapport I.R.H.O. photocopié, 50 p.
- [17] NGUYEN H. V. (1980). — *Evaluation du potentiel de production du palmier et du cocotier en Guinée-Bissau*, 32 p.
- [18] OCHS R. (1977). — *Analyses des problèmes posés par la fertilisation du palmier à huile*. Note CDC-I.R.H.O. dactylographiée, 16 p.

- [19] OCHS R. (1977). — Les contraintes écologiques du développement des oléagineux pérennes (palmier et cocotier) en Afrique occidentale et centrale. *Oléagineux*, 32, N° 11, p. 441-468.
- [20] OLIVIN J. et OCHS R. (1978). — Propriétés hydriques des sols et alimentation en eau des oléagineux pérennes en Afrique de l'Ouest. *Oléagineux*, 33, N° 1, p. 1-12.
- [21] OLLAGNIER M., OCHS R. et MARTIN G. (1970). — La fumure du palmier à huile dans le monde, *Fertilité*, N° 36, p. 56.
- [22] ORSTOM (1963). — *Carte des sols du Dahomey au 1/100 000*, Note explicative. Rapport Annuel, 67 p.
- [23] ORSTOM (1964). — *Etude pédologique de la région Sassandra-San Pedro*, Doc. N° 6500/274, 44 p.
- [24] ORSTOM (1964). — *Etude pédologique des régions Tabou et Béréby*. Rapport polycopié, 178 p.
- [25] OUVRIER M. (1983). — *Communication personnelle*.
- [26] POMIER M. (1979). — *Feasibility study for the coconut project in Western Region (Ghana)*. I.R.H.O. Document N° 1431 A, p. 83-84.
- [27] QUENCEZ P. et DUFOUR F. (1982). — La lutte chimique contre les mauvaises herbes en palmeraies. *Oléagineux*, 37, N° 3, p. 107-113.
- [28] SODEFOR (1977). — *Inventaire forestier national*, fiches dactylographiées individuelles.
- [29] SOIL RESEARCH INSTITUTE (Ghana) (1980). — *Report on the semi-detailed Soil Survey of the Coconut Project Areas, Western Region*, Technical Report N° 124, 56 p.
- [30] TRAN T. C. (1972). — *Etude comparative des sols sous forêt et sous hévéa sur sables tertiaires à Anguédédou*. Rapport ORSTOM, 155 p.
- [31] TAFFIN G. de, OCHS R. (1973). — La fumure potassique du palmier à huile au Dahomey. *Oléagineux*, 28, N° 6, p. 269-273.
- [32] OLIVIN J. (1980). — Relation entre l'écologie et l'agriculture de plantation. *Oléagineux*, 35, N° 2, p. 65-78.
- [33] CALVEZ C., OLIVIN J., RENARD J.-L. (1976). — Etude d'une déficience en soufre sur jeunes palmiers à huile en Côte d'Ivoire. *Oléagineux*, 31, N° 6, p. 251-257.

Oil palm and coconut soils in West Africa

NGUYEN HUGO VAN (1), J. OLIVIN (2) and R. OCHS (3)

In the previous number (4) we presented the soils formed on quaternary sands and tertiary sediments. In the pages which follow we describe other soils developed on the basement complex rocks and volcanic and river deposits.

Part II. — Basement complex rocks. — Volcanic and river deposits.

III. — BASEMENT COMPLEX ROCKS

The basement complex rocks is below the quaternary sands and tertiary sediments. For more than two milliard years its crystalline and metamorphic rocks have undergone many processes of soil formation such as weathering, decomposition, leaching desaturation, truncation, redeposition, etc... These processes have worn down the peaks of the mountains and ancient hills and filled hollows and valleys. It is in this way that the South of West Africa has become a quasi-peneplain slightly inclined towards the coast.

1. — Physiography.

The quasi-peneplain of the basement complex rocks is composed of flattened hills surrounded by valleys. The width of the hills and the density of the more or less swampy valleys depend partly on the permeability of the soils and partly on the local rainfall regime. Thus, for the same rainfall, a region with permeable soils of medium texture has wider usable interfluvies than one with fine-textured, almost impermeable ones; in the first case, the width of plantable land may be as much as 1,000-2,000 m or more, whilst in the second the hills or interfluvies are rarely more than 500-700 m wide.

The influence of the type of parent rock on topography and hydrography is clearly illustrated by the contrast between shaly and granitic zones. In general, land made up of granite material forms a large plain of wide, flattened hummocks surrounded by broad valley bottoms, whereas that composed of schists often has low hill chains closer together and cut up by numerous deep valleys. One of the consequences of this soil formation is a very great variety in the relief and morphology of the profiles.

In other respects, the annual rainfall and its distribution are dominant factors determining the surface relief. For example, an annual rainfall of 1,500-2,000 mm evenly distributed usually goes with a landscape which is very little cut up. On the other hand, a region which gets the same rainfall but has one or two very rainy months (nearly 1,000 mm) will be excessively carved up and make rational plantation lay-out impossible.

The altitude of the lands on the base ranges from about 20 m close to the coast to nearly 200 m inland.

The topography of areas chosen for plantations on the base is generally flat to gently rolling, with slopes of less than 10 p. 100 in most cases.

2. — Vegetation.

Evergreen forest of *Diospyros* spp and *Mapania* spp covers the humid tropical zones with a short dry season, whilst that of *Eremospatha macrocarpa* and *Diospyros mannii* occupies the humid tropics with a long dry season. In both types Sodefor (1977 [28]) has inventoried many marketable species in the Ivory Coast.

Tree counts made by the I.R.H.O. in Liberia [15] suggest that areas with a very high rainfall (3,900 mm) have fewer big trees with a diameter of 60 cm or over than where annual rainfall is close to 2,000 mm (Table IX).

3. — Soils

The substratum of the West African quasi-peneplain consists chiefly of gneiss, schists, migmatites, quartzites, granites and, to a lesser degree, of diorites, amphibolites, green rocks, etc.

The climatic cycles of alternate dry and wet periods in the last two milliard years have been responsible for the pedogenesis from which the following three elements are derived :

- fine soil particles often with a clay sand to clay texture ;
- quartz pebbles and ferro-manganese or ferro-aluminium concretions, frequently called laterite gravels ;
- pieces or blocks of decomposing and exfoliating rocks, and pieces or crusts of indurated laterite.

(1) Director of Pedology Department. I.R.H.O., 07 B.P. 13, Abidjan 07 (Ivory Coast).

(2) Agropedologist in I.R.H.O. Agronomy Department (*).

(3) Director of I.R.H.O. Agronomy Department (*).

(4) *Oléagineux*, 39, N° 3, p. 117-129.

(*) I.R.H.O.-GERDAT, B.P. 5035 — 34032 Montpellier Cedex (France).

a) Land use classes and nomenclature.

Depending on the proportions of the above three elements [3] (colluvial and/or collo-alluvial), and the degree of hydromorphism of the locality, four Land Use Classes are distinguished :

Very good soil — Land Use Class 1 (LUC 1) (1).

Healthy soil, humiferous topsoil, sandy to sandy clay, subsoil clay sand to sandy clay, little or no gravel down to 110 cm and no signs of hydromorphism before 80 cm.

Good soil — Land Use Class 2 (LUC 2).

Healthy soil as in LUC 1, except for the 80-110 cm horizon, which can be indurated or cemented.

Medium soil — Land Use Class 3 (LUC 3).

Soil with the characteristics of LUC 1 except for :

- the proportion of gravel, which is about 30 p. 100 : LUC 3g ;
- signs of hydromorphism starting 60 cm deep : LUC 3h ; with suitable drainage these soils can be classed with the good or even very good ones.

Poor soils — Land Use Class 4 (LUC 4).

In this class are found all the soils formed of leached sands and those more gravelly or more hydromorphous than the above :

- 4 a or 4 b : 50 p. 100 gravel or more ;
- 4 h : signs of hydromorphism in the first 50 cm ; these soils can be improved by drainage if the topography permits.

Also in this class are :

- soils with a leached sand or compact clay texture ;
- permanently hydromorphic gleys and temporarily or semi-permanently, hydromorphic pseudogleys.

Table X gives the physico-chemical characteristics of a few soils planted in oil palm and coconut, and Table XI the equivalence between the LUC and the different classifications.

b) Physical and chemical properties (Table X).

• Physical properties.

The soils derived from the basement complex rocks have a silty clay loam topsoil, grey-brown to reddish brown (5YR 4/8), structure medium crumb to fine subangular blocky, brittle, and a very clayey to silty clay loam subsoil (20-50 p. 100 clay), red to ochre (2.5-5YR 4-5/6-8), fine to medium blocky structure, slightly to fairly hard (Soil No. 21). Their water-holding capacity is usually satisfactory.

Soils derived from acid rocks such as quartzite have a grey-brown clay sand topsoil (10YR 3-4/2), granular structure, brittle, and a silty clay loam subsoil, yellow to brownish yellow (10YR 6-8/6-8), lightly developed angular blocky structure, slightly to fairly hard (Soils No. 27 and 28). Their water-holding capacity is usually lower than that of soils derived from base rocks.

Soils formed of colluvial mellow deposits are mainly found on the foot slopes and have profiles similar to those developed *in situ* on the plateaux. However, their topsoil is lighter than in soils at a higher altitude.

The colluvions derived from the base rocks are red and have a heavy texture, with 30-60 p. 100 clay (Soils No. 29, 30, 33 and 34).

The colluvions from acid rocks are paler — ochre or brown to yellow — and have a lighter texture with 10-30 p. 100 clay (Soils No. 31, 32, 35-37, 39-43).

Soils formed from volcanic deposits within the basement complex are few ; they are mainly to be found in West Cameroon, near Mount Cameroon. Their topsoil is black to dark grey-brown silty clay loam (10YR 2-3/1-2), the structure fine crumb, friable, and a clay to silty clay loam subsoil, brownish yellow to yellowish brown (10YR 4-6/4-8), breaking into medium subangular blocks, greasy and slightly firm. They are mellow and have a good water-holding capacity (Soils No. 44-48).

• Chemical properties.

The N and P levels in the soils of the basement complex are variable but often low. Moreover, there are K and Mg deficiencies

in soils derived from different types of parent rock. Exchangeable K levels are mostly low. Mg levels vary (Table III, Part I).

Soils formed on volcanic ash generally have high N, K, Ca and Mg levels, but P, on the other hand, is low (Soils No. 44-48 and Table III).

4. — Management practices.

The combination of slow internal drainage in soils of heavier texture and torrential rains during part of the year favour overland flow and formation of a dense network of gullies, water courses and swamps. Therefore the plantable plots on soils of the basement are smaller and more cut up and scattered than on tertiary sediments. Mapping them requires much more detailed soil and topographical surveys than on the other formations.

Clearing and windrowing of land on the base is done with the same equipment as in the tertiary sediment zones. These operations should take place during the dry season only, or at least during the least rainy periods, so as to preserve the good structure of the surface soil as far as possible.

Construction of the road network is the same as on tertiary sediments, but the network has often to be adapted to the relief. Secondary roads stop at the watercourses and large swamps. Main roads must be laid so as to disenclose all the plots, and should preferably follow the skyline to reduce embanking. Side drains will dry the road surface.

It should be borne in mind that the greater the area of very gravelly soils unsuitable for oil palm, the smaller the plantable area ; also, if there is a high proportion of gravelly soils, the plots will be much more cut up and scattered.

Figure 2a shows the case of a terrain in which the soils are chiefly gravelly. Note the long, narrow shape of plots K and J.

In Figure 2b, on the contrary, most of the soils in the area have little or no gravel. Plot Q is larger and more compact.

The high proportion of gravelly soils also reduces the ratio « plantable areas (SP)/areas studied (SE) » (Table XII).

5. — Fertilization.

Because of their low P level soils formed on the base often require phosphate manuring, both for oil palm and for coconut. Even then, not much is needed, and the annual rates are between 0.5 and 2 kg single superphosphate (20 p. 100 P_2O_5)/tree at maturity.

As on tertiary sediments, N manuring is limited to the first years and annual rates do not exceed a few hundred g of urea/tree.

K fertilization is a key factor in yield, as it is on sedimentary soils. The annual rates required are mostly 1-2 kg KCl/mature tree. In the early years of planting, little or nothing is needed. This similarity between the two soil formations is due to the common characteristics of their absorbant complex (kaolin, acid pH, low C.E.C.).

Where there is a need for Mg manuring, it rarely exceeds 500-1,000 g Kieserite/tree/year.

The development of the middle Ivory Coast was undertaken in 1973, with the promotion of hybrid coconut smallholdings on colluvial soils on the foot slopes and in hollows. This region has a low rainfall and a long dry season, and mineral nutrition experiments have shown that :

— KCl is always essential for yield and also for drought resistance ; annual rates starting at 0.2 kg at field planting to reach 1-1.5 kg by the fourth year are sufficient ;

— Kieserite is needed for the first six years only ; the root system of adult trees can explore the soil sufficiently after that ;

— urea and phosphate are limited to the first three years, and a few hundred g/year are enough.

Volcanic soils are not very demanding of fertilizer. On the basis of experimental results, Ochs [18] advises small doses of ammonium sulphate and KCl in the early years of planting (Table IV — Part I).

6. — Potential.

The potential yield of hybrid coconut is about 5.5 t/copra/ha/year for zones with an annual water deficit below 100 mm. Where the deficit is 400-100 mm/year, yield is between 3 and 5 t copra/ha. A performance trial at Daloa, Ivory Coast,

(1) Soils which are good or very good chiefly from the physical standpoint. Any chemical deficiency can be corrected economically by manuring, if this deficiency is not excessive.

planted on red clay soils, produced 2.5 t copra/year at 8-9 years in spite of a mean annual deficit of 520 mm.

With oil palm, yields depend on annual water deficit, as shown already in Table VIII (Part I).

IV. — TAMABO RIVER ALLUVIAL PLAIN IN THE IVORY COAST

Alluvial plains in zones of favourable ecology are often small, and there are few large oil palm and coconut development projects on this type of land. The alluvial plain of the Tamabo river (a tributary of the Bandama River) is exceptional in that it covers nearly 10,000 ha. At the present time the development of large alluvial zones in other countries, i.e. the Oueme and Mono valleys in Benin and especially the Niger delta in Nigeria, where higher yields could be obtained than on the neighbouring plateaux is blocked by the cost of the special improvement required (diking, for example).

1. — Physiography.

The topography is flat, slightly tilted in the direction of flow of the main waterway. There are many secondary watercourses and gullies which can be used later to drain excess water during heavy rains.

The difference between the overall level and that of the bed of the main watercourse is about 5-10 m, and the average width of the drainage basin is 8,000 m. The slope is therefore 1-2/1,000, sufficient for proper drainage.

2. — Vegetation.

The alluvial plain is occupied by three types of vegetation :

— swamp forest, with *Symphonia globulifera* and *Mitragyna ciliata*, covers the gleys and pseudogleys ;

— evergreen forest with *Eromospatha macrocarpa* and *Diospyros mannii* predominates in the areas of emergent land near the ocean ;

— evergreen forest with *Diospyros* spp and *Mapania* spp covers the emergent zones upstream.

There are few large trees in the swamp forest ; fewer than 160 per ha have a diameter over 30 cm. In other respects, the trees often have aerial roots. On wet lands which have been cleared and are now fallow, *Marantaceae* predominate.

3. — Soils.

Generally speaking, there are three groups of soils :

— SFD typiques or remaniés (helvic ferralsols), occupying the old outliers, already described in para. III-3 ;

— SFD appauvris, hydromorphes (dystric gleysols) covering the transitional zone between the outliers and the alluvial plain which surrounds them ;

— Sols hydromorphes minéraux à pseudogley (ochric gleysols) of the alluvial plain itself.

Where the water deficit is low, good yields can be obtained from both oil palm and coconut on all these soils on condition that they are correctly improved. On the other hand, with a high water deficit the soils of the outliers produce much lower yields than the hydromorphic soils in which there is a water table 1-3 m down which will feed the plant during a large part of the dry season.

a) Nomenclature

The soils of the outliers and foot slopes are among those derived from the basement complex rocks already mentioned in para. III-3.

The hydromorphic mineral gleys and pseudogleys of river origin are called « gleyic fluvisols » and « dystric fluvisols » in the FAO-UNESCO classification.

b) Physical and chemical properties

The pseudogleys (gleyic fluvisols) have a dark grey-brown to dark yellow-brown topsoil, medium crumb structure, friable. The texture is medium to heavy and the clay content from 20 to 30 p. 100.

The subsoil is grey with red to ochre stains. Its structure is massive, breaking into slightly hard angular blocks. The texture is heavier, the clay content ranging from 30 to 40 p. 100. Kaolinite and, to a lesser degree, montmorillonite and illite, are the chief clay minerals.

Porosity is satisfactory and there is a good water-holding capacity. The effective water reserve between the field capacity and wilting point is usually more than 10-15 p. 100.

The pH is generally acid, 4.4-5.8. The organic matter, C, N and P contents are middling to low. The C/N ratio is from 7 to 12 and indicates good mineralization of the organic matter. The exchangeable cation contents are medium to low, and the C.E.C. satisfactory (Table III).

4. — Management practices.

The topsoil of alluvial soils is of good porosity and well drained internally. Land preparation for oil palm must be done with light machines so as not to destroy the good soil structure.

Felling can be done by wide-track, medium h.p. caterpillar tractors fitted with Rome plows. Chain saws will be used for trees of more than 60 cm diameter, the stumps being left in place. It is preferable to windrow with Fleco-type rakes to avoid shifting the topsoil.

The recommended dimensions for oil palm plots are always 252 m N-S and 1,006 m E-W. The roadways of all the collection and service roads should be raised with a thick layer of laterite as well as bordered by side drains.

It is also possible to install simple sluices towards the end of the rainy season to dam the water in the drains and slow down the fall of the water table during the dry season which follows.

5. — Fertilization.

Fertilizer trials determine the types and quantities of fertilizers necessary for oil palm plantations on reclaimed alluvial plains.

6. — Potential.

Oil palms planted on alluvial soils are provided with water from the water table during most of the dry season, and will have a yield about 20 p. 100 higher than that of plantations on the neighbouring plateaux (13 t B/ha/year on an average).

CONCLUSION

It will be seen that West African soils offer vast areas of land suitable for oil palm and coconut stretching from Guinea to Cameroon. The extension of these crops is limited more by climate than by edaphic conditions. Where the ecology is favourable, oil palm and coconut are among the most profitable crops, and many countries have undertaken large development programmes in the last 20 years, often in the form of a nucleus plantation surrounded by smallholdings, so as to meet their growing domestic needs.

